Aus der Chirurgischen Universitätsklinik der Charité

Über Spannungspneumothorax bei Kriegsverletzungen der Brust

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung des Medizinischen Doktorgrades
an der Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin

vorgelegt von

Otto Steinert
aus Saarbrücken.

Tag der Promotion: 16. Dezember 1939

VERLAG RUDOLPH PFAU, BERLIN NW. 7, LUISENSTR. 21

M 363

Gedruckt mit Genehmigung
der
Medizinischen Fakultät der Universität Berlin

Dekan: Prof. Dr. Kreuz
Referent: Generaloberstabsarzt Prof. Dr. Franz
Korreferent: Prof. Dr. P. Gohrbandt

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Der Brustkorb des Menschen wird von der Wirbelsäule, den Rippen und dem Brustbein gebildet. Auf diese Weise entsteht der Thoraxraum, der nach unten durch das Diaphragma, seitlich und oben durch Muskulatur und Bindegewebe geschlossen wird. Das Mediastinum trennt den Hohlraum in zwei Teile, die beiden Pleurahöhlen. Sie werden von einem einschichtigen Endothel überzogen, welches sich am Hilus auf die beiden Lungen umschlägt und diese ebenfalls überzieht. Da die Lungen, das Herz und die Eingeweide des Mittelfells die Pleuraräume nahezu vollkommen ausfüllen, und diesen in allen Teilen anschmiegen, bleibt zwischen den Pleurablättern nur ein linearer Spaltraum bestehen. Dieser ist mit seröser Flüssigkeit angefüllt, welche die Reibung der beiden Pleuren während der Atmung auf ein Mindestmaß herabsetzt.

Im Verlaufe des intrauterinen Lebens ist beim Fötus die Lunge noch vollkommen luftleer, atelektatisch, liegt aber schon in allen Teilen der Brustwand an, was durch die extreme Krümmung des Körpers und Zusammenpressung des Brustkorbes ermöglicht wird. Erfolgt nun nach der Geburt die Streckung des Körpers und damit die Ausdehnung des Brustkorbes, dann folgt die Lunge passiv dieser Bewegung, indem sie sich mit Luft füllt. Gleichzeitig dehnen sich die elastischen Fasern des Lungengewebes, die nun ihrerseits die Lunge wieder auf ihr altes Volumen zurückzubringen versuchen, während andererseits der elastische Brustkorb, auf Grund der schräg laufenden Rippen und der ihnen ansetzenden Muskeln und Bänder, einen Zug nach außen ausübt. Durch diese gegeneinander gerichteten Kräfte entsteht eine Spannung zwischen der Lungenoberfläche und der inneren Brustwand, bezw. der oberen Seite des Zwerchfells. Diese Kräfte bewirken einen negativen Druck in der Pleurahöhle, der nach S a u e r b r u c h bei Mittelstellung des Thorax ca. —6 bis —8 mm Hg beträgt und der sich bei der Inspiration mit der Zunahme des elastischen Zuges der Lunge auf —12 bis —20 steigert, während er bei der Exspiration auf —3 bis —5 abfällt.

Auf dieser Elastizität der Lunge beruht die Tatsache, daß bei einer Verletzung des Pleuraspaltes Luft in diesen eindringen kann und zwar in dem Maße, wie weit die Lunge kollabiert. Diesen Zustand nennen wir *Pneumothorax*. An der verletzten Stelle wird die Adhäsionskraft zwischen den beiden Pleuren aufgehoben, und infolgedessen kann sich die Lunge, ihrer eigenen Elastizität nachgebend, nach dem Hilus hin zusammenziehen. Dabei trennt sie gleichzeitig die Pleura visceralis von der Pleura parietalis ab; die von außen einströmende Luft erweitert den kapillaren Spaltraum

zu einer lufthaltigen Höhle, dem Pneumothoraxraum, der umso größer wird, je stärker die Lunge kollabiert. In dem Augenblick, wo es zu einem Verschluß der Wunde kommt, sei es durch Verschiebung oder Verklebung der Wundränder oder durch Verstopfung mit Blutgerinnsel, hört die Weiterausbreitung des Pneumothorax auf; man spricht nun von einem *geschlossenen Pneumothorax*. Ein *offener Pneumothorax* besteht, wenn der beschriebene Verschluß einer penetrierenden Brustwunde nicht binnen kurzer Zeit eintritt. Durch die bestehende Kommunikation der Pleurahöhle mit der Außenluft ist ein fortwährendes Nachströmen derselben möglich, solange der Druck im Brustraum noch kleiner als eine Atmosphäre ist.

Eine weitere Möglichkeit ist darin gegeben, daß die Oeffnung der beiden Pleurablätter während der Respirationsphasen nicht gleich bleibt. In diesem Fall entsteht ein *Ventilpneumothorax*, bei dem in einer der beiden Phasen es durch diesen Ventilmechanismus zu einem Zurückbleiben der Luft kommt, welche während des anderen Atmungsabschnittes eingetreten war. Auf diese Weise kommt es zu zunehmenden Stauungen und Verdrängungen, man spricht von einem *Spannungspneumothorax*.

Hier sein eingeschaltet, daß in der Literatur meist Ventil-, Stauungs- und Spannungspneumothorax synonym gesetzt werden, obwohl sie durchaus nicht gleichbedeutend sind. Ein Spannungspneumothorax entsteht zwar meist aus einem Ventilpneumothorax, doch lassen die später noch zu erwähnenden Fälle von Spannungspneumothorax durch gasbildende Bakterien keine Gleichsetzung dieser Begriffe zu. Ferner kann nach Verschluß des Ventils noch ein geschlossener Spannungspneumothorax vorhanden sein. Ein Ventilpneumothorax ist in seinem Anfangsstadium Stauungspneumothorax, ohne daß man ihn schon als Spannungspneumothorax bezeichnen könnte; ebenso macht ein steriler Hämothorax Verdrängungserscheinungen, man wird aber in den seltensten Fällen von Spannungspneumothorax sprechen können.

Bei der Besprechung der einzelnen Ventilbildungen sei vorwegbemerkt, daß es sich nicht immer sofort um einen richtigen Ventilmechanismus zu handeln braucht. Eine kleine Einschußwunde vermag zwar bei der Dehnung des Brustkorbes im Inspirium Luft eintreten zu lassen, durch das enge Loch kann sie aber nicht schnell genug wieder austreten oder verfängt sich in den Maschen des Unterhautzellgewebes. Ferner kann eine im Anfang weit offene Lungenwunde durch den fortschreitenden Kollaps kleiner werden und sich später erst zu einer Art Ventil umgestalten.

Verschiedene Arten von Ventilbildungen bei Brustwand- bezw. Lungenwunden, oder mit anderen Worten ausgedrückt, physikalisch verschieden wirkende Arten des Ventilpneumothorax lassen das klinisch einheitliche Bild des Spannungspneumothorax entstehen. Es ist

schwierig, im einzelnen Fall immer genau das Zustandekommen und die Mechanik der Ventilbildung anzugeben. Nach Sauerbruch unterscheiden wir:

1. einen nach innen offenen Ventilpneumothorax
   a) den inspiratorischen, d. h. insp. zunehmenden
   b) den exspiratorischen, d. h. exsp. zunehmenden.
2. einen nach außen offenen Ventilpneumothorax
   a) den inspiratorischen d. h. insp. zunehmenden
   b) den exspiratorischen, d. h. exsp. zunehmenden.

I. *Der nach innen offene viscerale Ventilpneumothorax.*

a) Der Inspiratorische.

Der Formulierung der Mechanik liegt der Gedanke zu Grunde, daß bei jeder Inspiration die Lungenwunde gedehnt, und bei der Exspiration verschlossen wird. Erweitert sich nun bei der Inspiration die Wunde, so ist die notwendige Folge, daß Luft in den Pleuraraum tritt, diese die beiden Pleuren voneinander abhebt, bis schließlich die Lunge ganz von der Brustwand getrennt ist. Hierbei kann der Luftdruck in der Brusthöhle normalerweise nur den Druck der Außenluft erreichen. Durch die Atemnot, die der Ausfall der einen kollabierten Lunge bedingt, fängt der Kranke an forciert zu atmen und erweitert so den Brustkorb stärker, als bei den vorhergehenden Inspirationen, mit dem Erfolg, daß erneut Luft einstreicht; bei der Exspiration schließt sich die Wunde, und diese zusätzliche Luft erhöht den Druck in der Brusthöhle. Dieses Spiel wiederholt sich solange, bis nur noch im Zeitpunkt der maximalsten Ausdehnung des Brustkorbes Atmosphärendruck in der Pleurahöhle herrscht, während bei der restlichen Atmungsphase Ueberdruck besteht.

b) Der Exspiratorische.

Bei dieser Art von nach innen offenem Ventilpneumothorax ist vorauszubemerken, daß er nur bei Exspiration mit geschlossener Stimmritze entstehen kann, wie wir sie bei Preßatmung oder beim Husten beobachten. Man würde daher vielleicht besser von einem Preßpneumothorax sprechen. Der Vorgang, der zu diesem Spannungspneumothorax führt, ist kurz folgender: Bei Preßatmung wird Luft vom Bronchus her in den Pleuraraum eingedrückt, während der Inspiration schließt sich das Ventil wieder und hält die Luft zurück; in den folgenden Atemzügen kommt die Brusthöhle demzufolge langsam unter Ueberdruck. Das Wesentliche an diesem Vorgang ist also die Drucksteigerung im Bronchus unter der Exspiration bei geschlossener Stimmritze. Da sich das Ventil nur unter dem Druck eines Hustenstoßes, oder beim mit Stöhnen und Pressen

einhergehenden Exspirium, für den Bruchteil einer Sekunde öffnet, und nur während dieser kurzen Zeitspanne Luft eingesprengt werden kann, erklärt sich so das langsame Ansteigen eines solchen Spannungspneumothorax.

II. *Der nach außen offene parietale Ventilpneumothorax.*

a) Der Inspiratorische.

Es bildet sich durch die Verletzung ein z. B. schräg verlaufender Schuß- oder Stichkanal der Brustwand und der Pleura parietalis. Bei der Inspiration dehnt sich der Thorax und bringt die Wunde zum Klaffen, es streicht Luft ein. In der nun folgenden Ausatmung legen sich die Wundränder wieder aufeinander, ein Teil der Luft hatte noch Zeit auszutreten, der Rest staut sich im Pneumothorax. Das Maximum muß bei den verstärkten Inspirationen bald erreicht sein. Auch hier wird zum Schluß, wie bei dem nach innen offenen inspiratorischen Ventilpneumothorax, nur noch auf dem Höhepunkt der Einatmung Atmosphärendruck in der Pleurahöhle herrschen.

b) Der Exspiratorische.

In Wirklichkeit kommt ein parietaler exspiratorischer Ventilpneumothorax nicht vor, da es zu keinem Ausgleich der Spannungsdifferenz zwischen atmosphärischer Luft und Pleurahöhle kommen kann, weil die Oeffnung in der Respirationsphase, während welcher die größte Druckdifferenz herrscht, nämlich bei der Inspiration, geschlossen ist (Meyer).

Diese angegebene Einteilung erscheint im ersten Augenblick nur von theoretischer Bedeutung zu sein, sie ist aber auch von klinischem Wert. Beim visceralen exspiratorischen Ventilpneumothorax z. B. kann man durch Bekämpfung des Wundschmerzes mit Morphium die Preßatmung vermeiden, und so die Vorbedingung für eine Drucksteigerung in der Pleurahöhle beseitigen. Dagegen ist ein Spannungspneumothorax bei inspiratorischer Ventilbildung durch konservative Maßnahmen kaum zu vermeiden.

Grundsätzlich verschieden von dem Spannungspneumothorax durch Ventilbildung ist der *Gasspannungspneumothorax,* der bei der Zersetzung eines Hämothorax durch gasbildende Anaerobier entsteht.

Endlich beobachteten wir noch nach ungenügendem Verschluß einer Lungenwunde einen Spannungspneumothorax, den ich als *postoperativen* bezeichnen möchte. Beide Formen werden des weiteren beschrieben werden.

Die Erscheinungen des Spannungspneumothorax sind sehr charakteristisch, und doch war die Stellung der Diagnose, vor allem im Anfang der Weltkrieges, mit Schwierigkeiten verbunden, was sicher

an dem seltenen Auftreten dieses Krankheitsbildes in der Friedenschirurgie liegt (Spannungspneumothorax ist fast ausschließlich von Internisten beschrieben worden.) Beim Verwundeten, dessen einfache Pneumothoraxverletzung sich zum Ventilpneumothorax umgewandelt hat, findet man als Ausdruck der Druckerscheinungen im Thoraxraum die verletzte Brustseite stark vorgetrieben und die Interkostalräume verstrichen. Das Zwerchfell und damit auch die Leber werden nach unten verdrängt, so daß der Leberrand in ausgeprägten Fällen einige Querfinger unter dem Rippenbogen zu palpieren ist. Der untere Brustkorbrand bewegt sich sehr wenig, er wirdh äufig durch äußerte Anspannung der Bauchmuskulatur festgehalten. Diese Bauchdeckenspannung ist bei Lungenschüssen in vielen Fällen beschrieben worden.

Hildebrand erklärt die Schmerzen in dem korrespondierenden Teil der Bauchwand durch Reizung der sensiblen Fasern des Interkostalnerven, und die Bauchdeckenspannung durch reflektorische Kontraktion des Muskels, der von dem zugehörigen motorischen Teil dieses Nerven versorgt wird. Die Verletzten sind im höchsten Grade dyspnoisch und zyanotisch, die betroffene Brustseite atmet nicht, sie steht in Inspirationsstellung still; die Inspirationen der gesunden Lunge sind gewöhnlich klein und flach, die Exspiration erfolgt langsam, krampfhaft, meist unter Stöhnen und Pressen. Im Augenblick der Entstehung des Pneumothorax tritt durch einen Reflex ein kurzer Atemstillstand ein, dabei kommt es zu einer spezifischen Reizung der feinen sensiblen Vagusfasern; darauf folgen einige tiefe verlangsamte Atemzüge. Durch die Ueberladung des Blutes mit Kohlensäure tritt nun eine Reizung des Atemzentrums ein, als deren Folge eben diese vertiefte und verlangsamte Atmung anzusehen ist. Da beim Spannungspneumothorax die Respirationsexkursionen des Brustkorbes durch den übermäßigen Druck beschränkt sind, verflacht diese typische Atmung mit der Steigerung des Druckes immer mehr, trotz zunehmenden Lufthungers.

Da die Brustwand dem positiven Innendruck weniger nachgibt, wird sich das bewegliche *Mittelfell* bald nach der anderen Seite verschieben. Menschen mit derbem Mediastinum zeigen die Störungen der Atmung und Herztätigkeit in weit geringerem Maße, als solche mit dünnem, nachgiebigem. Die Ueberblähung kann so stark werden, daß sie zur Bildung der sog. *Mediastinalhernie* führt. Es handelt sich hierbei um eine Vorstülpung der beiden schwachen Stellen des Mittelfells, die sich nach Nitsch hinter dem oberen Brustbein zwischen der 2. und 4. Rippe und im hinteren unteren Mittelfellraum zwischen Aorta und Speiseröhre befinden. Zuerst kommt es bei der Mediastinalverdrängung zu einer Kompression der gesunden Lunge, deren Atmungsoberfläche stark eingeschränkt wird. Besonders aber wird das *Herz* mit seinen Gefäßen durch diese Mediastinalverdrängung beeinflußt; die gespannte Luft drückt es mechanisch auf die andere Seite. Die Palpation des Herzspitzenstoßes und seine Ver-

lagerung nach links oder rechts, läßt schon mit fast absoluter Sicherheit die Diagnose der Mittelfellverdrängung stellen. Die Kompression des Herzens bedingt eine Behinderung seiner Aktion. Die Diastole ist ein passiver Vorgang, und deshalb tritt eine Störung der Diastole durch den gesteigerten Druck eher ein, als während der Systole, bei welcher die Reservekraft des Herzens in Anspruch genommen wird.

Die Mediastinalverschiebung führt ferner zum Abknicken und Komprimieren der großen Hohlvenen. Deshalb ist rechtsseitiger Spannungspneumothorax bedrohlicher als linksseitiger. Bei der Retraktion der Lunge im Pneumothorax wird der Abfluß aus der vena cava inferior behindert, während er bei linksseitiger Affektion fast unbehelligt bleibt. Außerdem wird von der Lunge selbst durch Zugwirkung auf das Mediastinum die Füllung und Leerung der Gefäße und des Herzens beeinflußt. Auf diesen Umstand hat Sauerbruch hingewiesen; er sagt, daß die Pleura costalis mit ihrer gesamten Oberfläche als Punctum fixum anzusehen ist, während die Oberfläche des Mittelfells als Punctum mobile zu betrachten ist. Die unter Spannung ihrer elastischen Fasern stehende Lunge sucht sich zusammenzuziehen und zieht infolgedessen, auf Grund der Adhäsionskraft der beiden Pleurablätter, das Mittelfell in der Richtung auf die seitlichen Brustpartien auseinander, wodurch das Blut in die großen, leicht nachgebenden venösen Gefäße und während der Diastole in das erschlaffte Herz hineingezogen wird. Forcierte Exspirationen lassen die Halsvenen, infolge der heftigen Kompression der großen Gefäße, stark anschwellen. Der dauernd gesteigerte Druck, die Preßatmung und die Druckschwankungen, denen das Herz ausgesetzt ist, lassen das bei diesen Verwundeten regelmäßig auftretende Symptom der Cyanose erklären.

Bruns hat in seinen Untersuchungen nachgewiesen, daß der Blutgehalt einer kollabierten Lunge bedeutend kleiner ist als in einer normalen. Demnach muß das Blut entweder in größerer Menge durch die gesunde Lunge fließen oder unter stärkerem Druck durch die kollabierte. Der rechte Ventrikel kompensiert diesen Fehler durch verstärkte Arbeit, also unter Zuhilfenahme beider Maßnahmen. Reicht aber die Kraft des Herzens nicht mehr dazu aus, dann sind Stauungen im kleinen Kreislauf, Dilatation des rechten Herzens, Verminderung der Blutmenge, die dem großen Kreislauf zufließt und wieder als Folge davon Senkung des arteriellen Druckes und Sauerstoffherabsetzung des Blutes, die notwendige Folge des Versagens. So führt beim Spannungspneumothorax die mechanische Atmungsbehinderung der gesunden Lunge, sowie die beschriebene Herzverdrängung und Stauung im Kreislauf zu einer inneren Erstickung des Verwundeten. Diese beiden Erscheinungen gestalten das Krankheistbild zu einem äußerst ernsten, wobei man noch berücksichtigen muß, daß im Kriege den Verwundeten meist nie so schnell ärztliche Hilfe zuteil werden kann, als es die Schwere des Falles erwünschen ließ.

Die beim Spannungspneumothorax unter Druck stehende Luft sucht nach einer Gelegenheit zum Entweichen. Ist durch eine Pleuraverletzung die Verbindung zwischen Thoraxraum und extrapleuralem Gewebe vorhanden, so wird die Luft versuchen, in die Maschen des subkutanen Gewebes einzudringen, es entsteht eine Auflockerung, die wir *Hautemphysem* nennen. Dadurch wird eine vorübergehende Kompensation des Spannungspneumothorax geschaffen, die aber nur von dauerndem Erfolg sein kann, wenn der Luft die Möglichkeit gegeben ist, an einer anderen Verletzungsstelle der Haut auszutreten. Ist die Haut aber intakt, dann wird sich die Luft aus dem Brustraum nur solange in die extrapleural gelegenen Weichteile ausbreiten können, als der Druck des Spannungspneumothorax den Widerstand des Gewebes zu überwinden vermag. Je höher der Druck, je größer die Pleurawunde und je lockerer und schlaffer das Unterhautzellgewebe, desto schneller und weiter vergrößert sich das Hautemphysem. Bei alten, mageren Leuten mit leicht abhebbarer faltiger Haut läßt sich das subkutane Gewebe leicht auseinander drängen und wird bei diesen durch das über große Körperflächen hinziehende Emphysem ein Spannungspneumothorax viel langsamer unter hohen Druck kommen, als bei einem jungen, muskulösen Mann, dessen fest aneinander liegendes Gewebes sich wie ein Schutzwall um die Wunde legt, und so der Luft nur in einem kleinen Umkreis um die Verletzungsstelle die Ausbildung eines Emphysems gestattet. Sauerbruch beschreibt in einem Fall von Spannungspneumothorax mit Hautemphysem ein Phänomen, wie es im Tierexperiment nicht eindrucksvoller dargestellt werden kann: „Unmittelbar nach Anlegen eines 25 cm langen Hautschnittes über dem Emphysem trat aus den eröffneten Maschen des Unterhautzellgewebes die Luft mit ziemlicher Kraft in Form von kleinen, mittleren und größeren Blasen heraus, die an der Oberfläche knisternd zerplatzten. In kurzer Zeit war in der unmittelbaren Nähe des Schnittes keine Luft mehr zu finden, die Haut zeigte wieder normale Verhältnisse."

Die Luft im Spannungspneumothorax versucht infolge ihrer Expansionskraft sich nach dem Orte geringsten Widerstandes auszubreiten. Einen solchen findet sie in dem lockeren Zellgewebe des Mittelfells, in dessen Maschen und Spalten sich das *Mediastinalemphysem* ausbildet. Von hier führen bequeme Kommunikationswege zum Bindegewebe des Jugulum und Halses und zur anderen Pleurahöhle hinüber. So schildert Haim in einem Fall von Lungenverletzung, daß sich die Luft subpleural auch auf die andere Seite verbreiten kann. Wie beim Hautemphysem tritt bei der Anschoppung des Mediastinums eine momentane Entlastung ein, doch dringt immer neue Luft nach, so daß auch hier wie im Thoraxraum, Spannungen entstehen. Ist dieser Zustand erreicht, so versucht sich die Luft weiter auszubreiten und steigt den Gefäßen folgend nach aufwärts in das Subkutangewebe des Halses, wo sie sich wieder als Haut-

emphysem, zuerst im Jugulum, zeigt. Während es sich bei dem ersteren um eine relativ harmlose Erscheinung handelt, welche durch die Kompensation des Druckes sogar von therapeutischer Bedeutung ist, stellt das Mediastinalemphysem eine ernste Komplikation dar, mit ähnlichen Symptomen wie bei der Mediastinalverdrängung. Untersuchungen von Jehn und Nissen haben ergeben, daß Drucksteigerungen im Mittelfellraum die Blutzufuhr zum rechten Vorhof abdrosseln. Es kann daher bei stark ausgebildetem Mediastinalemphysem zum mechanischen Herztod kommen, ähnlich wie das bei der Herztamponade der Fall ist.

Jedem, der die Literatur des Weltkrieges eingehend studiert, fällt das äußerst seltene Auftreten des Spannungspneumothorax auf. Bei der großen Zahl der Brust- und Lungenschüsse — sie betrug 6,2% von 5,5 Mill. — der Gesamtzahl der deutschen Verwundeten, ferner bei denen, die außerdem noch mit Bronchial- und Trachealverletzungen einhergingen, hätten die anatomischen Vorbedingungen für die Entstehung eines Spannugspneumothorax viel häufiger gegeben sein müssen, als dies unseren Zahlen entspricht. Die schweren Verletzungen durch grobe Geschosse reißen große Wunden, die nicht zur Ventilbildung geeignet sind und an sich schon rasch zum Tode führen; doch bei der großen Zahl der Infanterieverletzungen hätten doch öfter die mechanischen Vorbedingungen erfüllt sein müssen. Burckhardt erklärt dies so, „daß hier dasselbe Geschoß, welches das luftführende System verletzt hat, zugleich noch ein Loch in den Thorax schlägt. Diese Oeffnung stellt eine Art Sicherheitsventil dar. Während das Ventil an der Verletzungsstelle des luftführenden Systems bei der Einatmung in die Brusthöhle hineinschlägt und sich bei der Ausatmung schließt, — es würde so den Spannungspneumothorax entstehen lassen —, schließt sich das Ventil an der Thoraxwand bei der Einatmung und öffnet sich bei der Ausatmung, während der es aus der Brusthöhle hinausschlägt." Ein so idealer Klappenmechanismus wird wohl selten vorliegen. Aber schon dadurch, daß die Luft in das Unterhautzellgewebe eindringt und bei der Einatmung nicht schnell genug in die Brusthöhle zurücktreten kann, tritt eine merkbare Entlastung ein. Die Luft, die jetzt ein fortschreitendes Hautemphysem entstehen läßt, hätte sich sonst in der Brusthöhle gestaut und einen Spannungspneumothorax entstehen lassen. Burckhardt und Landois sehen ferner eine Erklärung darin, daß bei Verletzung eines größeren Bronchialastes meist auch das begleitende Gefäß verletzt ist, so daß die Verwundeten schon bald an der Verblutung zu Grunde gehen. Zur weiteren Erklärung der Entstehung des Spannungspneumothorax führte Burckhardt eine Reihe von Tierversuchen aus, stieß aber stets auf erhebliche Schwierigkeiten, denselben bei den Tieren künstlich zu erzeugen: Ein stumpfer Stab wurde bei einem Kaninchen in die Luftröhre eingeführt und nach der Brusthöhle zu durchstoßen. Das Ergebnis war, daß eine gewisse Menge Luft in die Brusthöhle ein-

trat. Der Lufteintritt gelangte meist schon nach kurzer Zeit zum Stillstand, d. h. es entstand ein einfacher Pneumothorax, nie kam es aber zu dem Bild eines Spannungspneumothorax. In einer anderen Versuchsreihe wurde daraufhin dem Tier während der Ausatmung die Luftröhre zugedrückt, worauf es angestrengt und pressend zu atmen anfing. Setzte man dies lange genug fort, so sah man nun alle Erscheinungen des Spannungspneumothorax: die Atmung wurde schneller, das Zwerchfell nach unten gedrückt, der Bauch aufgetrieben, die Lunge löste sich langsam von der Thoraxwand ab und kollabierte. Bei zwei anderen Tieren, die schon nach wenigen Minuten starben, war ein Spannungspneumothorax ohne weitere künstliche Maßnahmen entstanden. Die Sektion ergab eine maximale Ausdehnung der Brusthöhle, und die Blutung aus einem großen Gefäß am Hilus. Hier war durch den starken Blutverlust der Luftbedarf derart vergrößert worden, das die verstärkten Inspirationen, die für den Lufteintritt notwendige Druckdifferenz erbrachten. Bei der menschlichen Lungenverletzung haben wir ganz analoge Verhältnisse. Garré hat mit Recht darauf hingewiesen, daß Hustenstöße einen Spannungspneumothorax hervorrufen können, auch bei Verletzungen, die selbst nicht zu einem solchen führen würden. Die Versuche zeigen wie wichtig es ist, Lungenverletzte vor angestrengter Atmung und Husten zu bewahren, zu dem sie ja, wegen der Reizung der Schleimhäute durch Blutgerinnsel, besonders leicht neigen, und haben ferner ergeben, daß ein Spannungspneumothorax nur unter bestimmten, dafür günstigen Verhältnissen zustande kommen kann.

Um eine Anschauung über die Häufigkeit des Auftretens von Spannungspneumothorax nach Kriegsverletzungen zu geben, seien folgende Zahlen genannt; berücksichtigt sind dabei nur Angaben größeren Materials. Auf diese Weise werden natürlich nur die zur Behandlung kommenden Fälle gezählt, wie weit Spannungspneumothorax auf dem Schlachtfeld zum Tode führte, können wir nicht feststellen.

Holbeck zählte bei 252 Lungenverletzten, die während des russisch-japanischen Krieges 1904—1905 in zwei Kriegslazaretten zur Behandlung kamen, *keinen* Spannungspneumothorax.

Die weiteren Zahlen stammen aus dem Weltkrieg:

Unter 229 Lungenschüssen haben Jehn und Naegeli nur in *zwei* Fällen Spannungspneumothorax gesehen.

Rotter beobachtete unter 225 Brustschüssen nur *einen* Fall von Spannungspneumothorax. Dieser kam zum Exitus und stellte eine seltene Komplikation dar, wo auf der einen Seite ein Spannungspneumothorax und auf der anderen Seite ein Hämothorax vorlag.

Ehret behandelte in einem Marinelazarett 100 Lungenschüsse, unter denen sich *kein* Spannungspneumothorax befand.

Lonhard findet in einem Feldlazarett unter 100 Brust- und Lungenschüssen *keinen* Spannungspneumothorax.

v. d. Velden stellt bei 73 Brust- und Lungenschüssen *einen* Spannungspneumothorax fest, in diesem Fall starb der Patient.

Kehl beobachtet unter 55 Lungenschüssen, *keinen* Spannungspneumothorax.

In diesen 1034 Fällen ist also 4mal ein Spannungspneumothorax festgestellt worden.

Im englischen Sanitätsbericht über den Weltkrieg wird der Ventilpneumothorax nur kurz erwähnt und seine Mechanik erklärt: zur Behandlung wird Thoracotomie empfohlen.

Der amerikanische Bericht bringt auch keine größere Abhandlung, er spricht von dem „extensiven Pneumothorax", der bei zerfetzten Wundrändern auftreten kann. Auf seine Gefährlichkeit, besonders die der Herzverdrängung, wird hingewiesen.

Ein Spannungspneumothorax kann nur auftreten, wenn die Wunde zeitweilig klafft. Vorausgesetzt, daß der Verwundete es solange aushält, führt der hohe Druck im Thoraxraum schließlich zu einem Wundverschluß, indem er die beiden Wundränder fest aufeinander preßt. Da hierdurch die Funktion der gesunden Lunge und die Herztätigkeit in schwerster Weise beeinträchtigt werden, ist es die erste Aufgabe der *Therapie,* diesen Druck zu beseitigen. Daß in verzweifelten Fällen durch einfache Druckentlastung die akute Gefahr des Spannungspneumothorax beseitigt werden kann, ist eine alte Erfahrungstatsache. Die einfachste Methode ist das Einführen eines Troicarts, wodurch man den Spannungspneumothorax in einen offenen Pneumothorax verwandelt. Ist die Lungenwunde hinreichend verheilt, so ist der Troicart wieder zu entfernen. In den Veröffentlichungen aus dem Gebiete des Heeressanitätswesens von 1902 gibt Momburg folgende Behandlungsweise an: „Mit einem feinen Troicart oder Nadel wird die Luft aus dem Spannungspneumothorax abgelassen. Ist die Lungenwunde geschlossen, so kann sofortige Heilung eintreten. Tritt wiederum Spannungspneumothorax auf, so eröffnet und erweitert man jetzt besser die Brustwunde nach König oder macht in bestimmten Fällen den aseptischen Brustschnitt und drainiert anschließend. Hierdurch wird für die Folge ein Spannungspneumothorax vermieden, und die Heilung der Lungenwunde vermag sofort zustande zu kommen."

Bei der Einführung eines Troicarts bleibt die Lunge natürlich kollabiert. Infolgedessen hat man versucht, eine *Ventildrainage* der Pleura herbeizuführen, die zwar den Luftaustritt ermöglicht, es aber unmöglich macht, daß neue Luft einströmt. So kann über das Drainrohr ein dünnwandiger, leicht kollabierender Gummischlauch gezogen werden, welcher während der Exspiration aufgebläht wird und bei der Inspiration zusammenfällt und so die Pleura von der Außenluft abschließt. Sauerbruch behalf sich, indem er von einem in die Pleura eingestochenen Troicart ein langes Gummirohr unter Wasser führte und so eine Ventildrainage schuf. Oder man

macht einen 5 cm langen Interkostalschnitt, läßt die Luft oder Flüssigkeit langsam ab und näht nun ein dickes Drain, nach dem Vorgang der Witzelschen Magenfistel, luft- und wasserdicht ein. Dieses wird ebenfalls mit einem Gummischlauch armiert, der in ein Gefäß mit schwach aseptischer Lösung eintaucht. Krause, wie alle Autoren, hält wiederholte Punktionen bei dem gefährlichen Krankheitsbild des Spannungspneumothorax für unwirksam, kaum daß sie vorübergehenden Nutzen stiften. Er behandelt deshalb auch mit Eröffnung der Brusthöhle durch Schnitt. Diese Thorakotomie wird unter Novocaineinspritzung im 6. oder 7. Zwischenrippenraum durchgeführt und ruft bei sachgemäßer Ausführung nicht den geringsten Schmerz oder Blutverlust hervor, so daß sie auch in elendem Zustand ausgeführt werden darf. Die Oeffnung soll gerade für einen Finger durchgängig sein, wobei der eingeführte Finger verhütet, daß die unter hohem Druck stehende Luft zu stürmisch austritt, denn eine plötzliche Verlagerung der großen Gefäße und des Herzens würde zu neuen Komplikationen führen. Nachdem die Luft entwichen ist, wird ein Drainrohr eingelegt und so der Spannungspneumothorax in einen offenen Pneumothorax verwandelt. Falls es zu keinem Empyem kommt, erfolgt die Heilung während mehrerer Wochen dadurch, daß die entstandenen Verklebungen und Verwachsungen der beiden Pleurablätter die große Höhle zur Obliteration bringen. Durch Atemübungen, Aufblasen eines Gummiringes, forcierte Exspiration in die geballte Faust, kann man diesen Vorgang wesentlich fördern. Diese Methode hat durch ihre Einfachheit und ihren direkt sichtbaren Erfolg — bei einem von Krause behandelten Fall ging der Puls und die Atmung von 136 und 56 auf 100 bezw. 36 binnen einer Viertelstunde herunter — etwas bestechendes, über dem Patienten wird aber immer die Gefahr des Empyems schweben, das sich nach unseren Erfahrungen, auf Grund des über längere Zeit offenen Pneumothorax, sehr leicht ausbilden kann.

Die ideale Behandlungsweise ist die, eine Thoracotomie zu machen und dann unter Druckdifferenz die Lungenwunde zu vernähen. Während die Amerikaner unsere Meinung über die Nützlichkeit dieses Verfahren teilen, stehen die Engländer und Franzosen auf dem Standpunkt, daß die Druckdifferenz unnötig wäre. Sie sollte aber das Mittel der Wahl sein, denn nur so kann man die Lunge sorgfältig auf kleinste Verletzungen absuchen und reinigen. Von allen Operateuren wird betont, wie schwierig es sein kann, an der zusammengefallenen Lunge den Sitz der Verletzung festzustellen. Die Technik der Lungennaht ist durch die Arbeiten von Garré, Talke, Tiegel und Friedrich soweit ausgebildet, daß es wohl in allen Fällen gelingen wird, eine Lungenwunde luftdicht zu verschließen. Ist der Defekt in der Pleura zu groß, dann nähen manche Autoren. Sauerbruch, Jehn, Landois, die Lunge in das Brustwandfenster ein, mit nachfolgender Oberflächentamponade und teilweiser Verkleinerung der Hautmuskelwunde. Zur Vermeidung eines nachträglichen Spannungspneumothorax, der durch Reißen der Lungen-

nähte durch die Weichteile entstehen könnte, hat Rehn die perkutane Naht empfohlen. Aber gerade diese ideale Behandlungsweise unter Druckdifferenz ist in den wenigsten Fällen angewandt worden. Es mag daran liegen, daß Spannungspneumothorax nur in den vordersten Sanitätsformationen zur Behandlung kam (Krause), und dann die Apparate zur Druckdifferenz nicht vorhanden waren. Außerdem ist der Entschluß zu einem derart eingreifenden operativen Vorgehen immer schwer, vor allem, weil die Patienten meist in einem elenden Zustand eingeliefert werden. Daß andererseits etwas geschehen muß, ist klar weil sonst der Patient verloren ist. Burckhardt empfiehlt für künftige Fälle den Versuch zu machen, eine Art subkutane Thorakotomie auszuführen, in der Weise, daß man von einem kleinen Einschnitt aus, abseits von diesem etwa mit einem Tenotom, die Interkostalmuskulatur auf eine Strecke von 3—4 cm durchtrennt und dann der Einstich vernäht wird. Man würde auf diese Weise versuchen, den Fall von Spannungspneumothorax so, wie es in anderen Fällen das Geschoß tut, in einen Fall von subkutanem Emphysem zu verwandeln. Auch wo bereits Emphysem vorhanden, das Ausströmen der Luft aber ungenügend ist, käme ein solches Vorgehen in Betracht. Wie weit dieses Verfahren von Erfolg sein wird, muß die Praxis zeigen. Jedenfalls kann der Versuch bei allen bereits sehr mitgenommenen Patienten gemacht werden, denen man einen operativen Eingriff nicht mehr zumuten kann; und dies wird eine große Zahl von Fällen sein.

Neben dieser spezifischen Behandlung sind therapeutische Maßnahmen allgemeiner Art von Bedeutung. Subjektiv ist bei den Verletzten eine Aengstlichkeit und Beklemmung bemerkbar, die zum Teil auch psychisch bedingt ist und daher bei ängstlichen Personen besonders ausgeprägt zu sein pflegt. Diese psychische Aufregung ist deshalb von Bedeutung, weil sie zu Preßatmung und Stöhnen führt, und so die Drucksteigerung in einem Pneumothorax begünstigen kann. Deshalb ist gerade bei dieser Verwundung die Beruhigung mit 0,02—0,03 Morphium von hervorragender therapeutischer Bedeutung. Auch notwendige Untersuchungen lassen sich besser ausführen, wenn es auch im Anfang nicht ratsam ist, mehrfach am Tage auskultatorische und perkutorische Untersuchungen vorzunehmen. Sie schaden in der ersten Zeit mehr als sie nützen. Bei Shock und schweren Herzerscheinungen sind Analeptica angebracht (Campher, Cardiazol subkutan, Digalen, Digipuratum intravenös). Die Lagerung im Bett geschieht am besten mit erhöhtem Oberkörper, in welcher Lage die Atmung am wenigsten behindert wird. Franz hat jedoch im Kriege die Erfahrung gemacht, daß sich viele Verwundete, entgegen dieser alten Vorschrift, in horizontaler Lage oder mit nur wenig erhöhtem Oberkörper, subjektiv viel besser befanden. Muß eine seitliche Lage eingenommen werden, so geschieht dies, soweit es die Schmerzen zulassen, auf der verletzten Seite, um diese ruhig zu stellen und um die gesunde Lunge nicht in ihrer Funktion zu beeinträchtigen. Die Blutung aus kleinen und mittleren Gefäßen

steht gewöhnlich nach kurzer Zeit. Die Retraktion der kollabierten Lunge und die Gerinnung des Blutes führen bald zur Verstopfung ihres Lumens. Einfaches Hautemphysem ist allein keine Indikation zu operativem Vorgehen. Es schwindet von selbst, durch Druckverband kann die Aufsaugung beschleunigt werden. Mit Beseitigung der Spannung im Brustraum verlieren sich auch meist die Druckerscheinungen im Mittelfell. In schweren Fällen ist die breite Eröffnung der Kehlgrube und anschließende Absaugung der Mediastinalluft in einer Unterdruckkammer oder mit Saugglocke (Sauerbruch, Tiegel) angebracht.

Im Folgenden seien nun die beschriebenen Fälle von Spannungspneumothorax angeführt, die sich bei eingehender Durchsicht der Literatur ergeben haben.

Auf einer Sitzung der Militärärztlichen Vereinigung Erlangen zu Anfang des Weltkrieges, am 18. 9. 1914, berichtete Toenissen über einen eigenartigen, zur Zeit des Berichtes noch laufenden Fall von Pneumohämothorax, der sich zu einem Spannungspneumothorax entwickelte: „Verletzung am 23. 8. 14. Einschuß unter dem linken Schulterblatt, Ausschuß unter dem linken Schlüsselbein. Einige Tage Hämoptoe. Bei Einlieferung ins Reservelazarett, 4. 9., hochgradige Dyspnoe mit Verdrängungserscheinungen. Durch Röntgenbild und Probepunktion Pneumohämothorax nachgewiesen. Der Bluterguß vollkommen frei beweglich, Flüssigkeitsspiegel in Höhe der zweiten Rippe. Infolge der bedrohlichen Verdrängungserscheinungen Punktionen erforderlich. Am 6. 9. und 11. 9., jedesmal ungefähr 100 ccm. Bluterguß entleert. Entsprechend der Entleerung von Flüssigkeit nahm der Gehalt an Luft in der Brusthöhle zu, die Auftreibung der linken Brustseite blieb bestehen, so daß ein Ventilpneumothorax angenommen werden muß. Nach den Punktionen bedeutende Besserung der Dyspnoe und der Herztätigkeit. Am 17. 9. ziemlich rasch sich entwickelnde faustgroße Auftreibung der linken Unterschlüsselbeingrube. Im Stehen gedämpfter, im Liegen laut tympanitischer Schall. Die Luft des Pneumothorax hatte sich also durch die Einschußöffnung der vorderen Thoraxwand einen Weg unter die Haut gebahnt. Die Punktion ergab hellrote, rasch gerinnende Flüssigkeit. Es mußte also eine frische Blutung, vermutlich aus einem arrodierten Interkostalgefäß, eingetreten sein. Die Behandlung ist zunächst, d. h. solange keine bedrohliche Blutungen auftreten, eine konservative."

Von Sauerbruch und Huismanns folgender Bericht: Patient wird im Sommer abends ins Feldlazarett eingeliefert; Messerstich in der rechten Brustseite. Sehr guter A. Z., Puls 90, leicht zyanotisch und dyspnoisch. Kein Hautemphysem. Rechts hinten über der 9. Rippe, handbreit von der Wirbelsäule, Stichverletzung, aus der exspiratorisch Luft herauspfeift. Therapie: Naht der Brustwunde. Morphium. Ueber Nacht rapide Veränderung des A. Z. und Lokalbefundes. Hautemphysem am ganzen Körper; Zyanose, Dys-

pnoe, Preßatmung, Herz nach links verdrängt. Diagnose: Spannungspneumothorax. Therapie: Sofort Punktion mit dicker Kanüle in hinterer Axillarlinie. Es entleert sich unter Pfeifen reichlich Luft, sowohl bei der Inspiration, als auch bei der Exspiration. Dieser Zustand hält eine Minute an. Dann wird wegen Fehlens eines Druckdifferenzapparates die Nadel mit einem Gummirohr armiert und dieses, nach sorgfältiger Fixation, in ein Gefäß mit Wasser geleitet. Anfänglich entweicht Luft bei In- und Exspiration, im Verlauf der nächsten Stunden nur noch in der Exspirationsphase. Unmittelbar nach dem Eingriff fühlt sich der Patient bedeutend wohler. Der Puls wird besser. Das Emphysem schwillt in den nächsten Tagen ab, der Patient atmet freier, die Nadel wird entfernt. Patient nach 3 Wochen geheilt entlassen.

Zwei Fälle wurden K r a u s e von einem Chirurgen eines Feldlazarettes berichtet, der dieselben aber nicht zuerst als Spannungspneumothorax diagnostiziert hatte, und sich nach der Obduktion den Tod der beiden Verletzten nicht recht erklären konnte. In beiden Fällen waren die Bedingungen die gleichen. Es handelte sich um Gewehrschußverletzungen mit Pneumothorax, der sich nachträglich wieder geschlossen hatte, mit einer auffällig geringen Lungenverletzung und einer unerheblichen Blutung in den Brustraum. Es lag in diesen Fällen eine solche Verletzung vor, daß bei der Einatmung wohl Luft in den Brustraum eindringen, bei der Ausatmung aber nicht wieder austreten konnte. Schließlich ist durch die erschwerte Atmung und die dadurch bedingte fortdauernde Tätigkeit der Hilfsmuskulatur ein Spannungspneumothorax zustande gekommen, der zum Tode führte.

Einen Fall von Spannungspneumothorax mit ausgeprägtem Mediastinalemphysem als Kompensationserscheinung schildert J e h n : R. verwundet durch Granatsplitter am 29. 7. 16. Offener linker Hämopneumothorax, der im Hauptverbandplatz durch zwei Nähte verschlossen wird. Abtransport bei günstigem Allgemeinbefinden. Plötzlich Verschlimmerung am 31. 7. morgens unter Erscheinungen des Mediastinalemphysems und Spannungspneumothorax. Deshalb Incision im Jugulum zur Entlastung, wobei sich Luft entleert. Nur vorübergehender Erfolg. Exitus. Autopsie ergibt als Ursache für den Spannungspneumothorax und das Mediastinalemphysem Durchschuß durch Bronchus zweiter Ordnung im linken Oberlappen. Austritt von Luft durch peribronchiales Gewebe nach dem Mediastinum zu, begünstigt durch Preßatmung.

Was bisher nur die Rede von dem Spannungspneumothorax, der durch Ventilbildung der Schuß- oder Stichwunde entsteht, so sei nun der *Gasspannungspneumothorax* besprochen, der durch ein mit Gasbildung einhergehendes Empyem, meist auf dem Boden eines jauchig zerfallenden Hämothorax entsteht. Das Gasempyem, welches den Spannungspneumothorax hervorruft, wird zum Unterschied der gutartigeren Formen von Pleuritiden mit Gasbildung durch Colibazillen,

vor allem von dem Fränkelschen Bacillus emphysematosus, dem Streptococcus putridus anaerobius und von Gasoedembazillen hervorgerufen. Den Vorgang deswegen für eine typische Gasoedemerkrankung zu halten, ist nach Franz verfehlt, da das Oedem und die aputride Muskelgangrän hier fehlen, die für jene charakteristisch sind. Der bakterielle Spannungspneumothorax wurde zuerst von Wieting während des Balkankrieges eingehender besprochen. Die Infektion erfolgt meist durch den Schußkanal, auf dem Boden eines Hämothorax. Klinische Erscheinungen bestehen anfangs nur von seiten der Schußverletzung und des bestehenden Hämothorax. Meist erfolgt ein gewisser Krankheitsstillstand, oft eine leichte Besserung, in die dann, oft ganz plötzlich, innerhalb weniger Stunden, sich die durch die Gasbildung entstehende Dyspnoe einstellt. Plötzlicher Anstieg der Temperatur pflegt diesen Zustand einzuleiten. Die Patienten verfallen zusehends, der Spitzenstoß kann bei rechtsseitiger Affektion in der linken Axillarlinie fühlbar sein, die rechte Thoraxhälfte ist ballonartig aufgetrieben, die Interkostalräume sichtbar gedehnt. Das Zwerchfell und die Leber sind tief herabgedrückt. Die Kranken werden stark zyanotisch, das Gesicht und die Extremitäten sind am meisten verändert. Die vorher durch den Hämothorax bedingte Dämpfung bei der Perkussion ist einem tympanitischen Tone gewichen. Meist ist die Entwicklung dieses Gasspannungspneumothorax eine derartig foudroyante, andererseits gibt es auch Fälle mit tage-, ja auch wochenlanger Entstehung. Wie bei einem Spätempyem ist auch hier die Prognose eine günstigere. Charakteristisch bei der Diagnosestellung ist die Zunahme des Innendruckes, während sie bei dem sterilen Pneumo- oder Hämothorax im Verlaufe der Heilung abnimmt.

Das *Frühpunktat* eines Gasempyems ergibt anscheinend reines Blut von hell- bis dunkelroter Farbe; oft ist schon Hämolyse eingetreten. Mikroskopisch erkennt man die zerfallenden Blutkörperchen und meist schon die charakteristischen Stäbchen, wenn auch noch in verschwindender Anzahl. Geruch ist zu diesem Zeitpunkt noch nicht nachweisbar, wie überhaupt die Gasbazilleninfektion nicht unbedingt mit Geruchsbildung verbunden zu sein braucht. Der Geruch ist entweder auf eine Mischinfektion oder auf fortschreitende Zersetzung der Eiweißkörper zurückzuführen. Ein Ablassen des Gases mit der Punktionsnadel schafft sofort subjektive Erleichterung, die Patienten atmen freier, von Bestand ist diese Besserung aber nicht. Punktiert man bei Zunahme der Beschwerden wieder, so ist meist schon ein süßlicher Geruch festzustellen, das Punktat ist fleischwasserfarben, die Zunahme der Stäbchen ohne Leukozytenvermehrung im Mikroskop komplettieren die Diagnose. Häufig wird aber die Infektion nicht so früh erkannt, die klinischen Erscheinungen des Spannungspneumothorax durch Ventilbildung und des Pneumothorax sind ähnlich; es wird dann zu spät punktiert. Jetzt erhält man eine dünnflüssige, trübrötliche bis schwarz gewordene Flüssigkeit, die intensiv stinkt und reichlich Bakterien enthält. Eitrig ist das

Exsudat nur, wenn eine pyogene Mischinfektion der Gasinfektion vorausgegangen ist.

Therapeutisch ist die Punktion nicht ausreichend, demnach die Rippenresektion angebracht. Zu merken ist, daß bei Gasempyemen das Druckdifferenzverfahren nicht angewandt werdemnach die Rippenresektion angebracht. Zu merken ist, daß bei Gas empyemen das Druckdifferenzverfahren nicht angewandt werden darf. In schweren Fällen empfiehlt Wieting zuerst eine Punktion zu machen, der sich am zweiten Tag die Resektion anschließt. Oeffnet man den unter hohem Druck stehenden Thoraxraum, so entleert sich unter starkem Zischen das übelriechende Gas, dem schaumiges Exsudat in mehr oder weniger großer Menge folgt. Von Wichtigkeit ist eine langsame Entleerung zur Regulierung des Druckausgleiches und eine vollständige Entlerung alles Fäulnisfähigen. Im weiteren spült man mit H_2O_2 oder besser mit Chlorwasserlösung. Die Prognose der Gasempyeme ist eine zweifelhafte, um so schlechter, je später die Diagnose gestellt wird. Wir haben hier den Fall des ineren, bakteriellen Spanungspneumothorax und es sind neben den toxhämischen und septischen Allgemeinerscheinungen, alle besprochenen Symptome des traumatisch durch Ventilbildung entstandenen Spannungspneumothorax zu berücksichtigen, die das Krankheitsbild zu einem besonders schweren gestalten.

Einen Fall von Gasempyem mit Spannungspneumothorax beschreibt Krause: Bei einem 21jährigen Kanonier befand sich der Einschuß am äußeren Drittel des linken Schlüsselbeins und war nach 24 Stunden verklebt. Das Infanteriegeschoß war fingerbreit unter dem linken Schulterblattwinkel unter der Haut zu fühlen und wurde entfernt. Bei geringem Erguß und mäßigem Pneumothorax ging es dem Verwundeten bis zum 6. Tage leidlich gut. Da entwickelten sich ziemlich stürmisch Erscheinungen eines Spannungspneumothorax mit hochgradiger Verdrängung des Mittelfells und des Herzens. Die Thorakotomie ergab 300 ccm sehr übelriechender, blutigwässeriger Flüssigkeit und eine Menge stinkenden Gases. Der fast sterbende Kranke erholte sich auffallend rasch, so daß er eine halbe Stunde später nach einem Glas Bier verlangte. In der folgenden Nacht trat plötzlich Kollaps und der Tod an Herzschwäche ein. Der Leichenbefund ergab nicht die geringste Verletzung der Lungenpleura und der Lunge. Die gewaltige Gasanhäufung konnte also nur durch Zersetzung des pleuralen Blutergusses entstanden sein, da, wie erwähnt, die äußere Wunde rasch verklebt war. Die linke Lunge zeigte sich vollkommen luftleer. Das Herz hatte sich seiner normalen Lage wieder erheblich genähert, immerhin war sein rechter Rand noch so weit nach rechts verdrängt, daß er bis an die Knorpelknochengrenze der rechtsseitigen Rippen reichte. Die Blutung stammte aus einem Riß der Art. intercostalis 3, da die dritte Rippe hinten 5 cm von der Wirbelsäule entfernt, zerschmettert gefunden wurde.

Hannemann führt einen Sektionsbefund an, bei dem ein Spanungspneumothorax sowohl durch gasbildende Verjauchung, als wahrscheinlich auch durch Ventilbildung der Wunde entstanden war. Die Sektion ergab 16 Tage nach einem Granatsteckschuß folgenden Befund: Der Einschuß rechts hinten über dem Unterlappen ist vernarbt. Verdrängung des rechten Zwerchfells und der Leber nach unten, des Herzens nach links. Spannungspneumothorax rechts. Ueber zwei Liter jauchigen, hämorrhagischen Exsudates in der rechten Pleurahöhle. Völlige Kompression der rechten Lunge. Granatsplitter im rechten Unterlappen am unteren Ende eines langen Einschußkanales. Am Einschuß in die Lunge ventilartig, durch Pleuralamellen, überdecktes Loch, Ventilpneumothorax. Oedem und Hypostase der linken Lunge. Geringe fibrinöse Perikarditis, Herzmuskeldegeneration. Stauungsorgane.

Krause beschreibt einen weiteren, von ihm behandelten Fall von Gasspannungspneumothorax, ein sehr charakteristisches Krankheitsbild: Ein 24jähriger Grenadier, der einen Steckschuß in der linken Brustseite, dicht unterhalb der äußeren Hälfte des Schlüsselbeins erlitten hat, ist am dritten Tage in fast hoffnungslosem Zustand. Das Herz stand ganz nach rechts über das Brustbein hinaus verlagert, so daß die Herzdämpfung nach links hin mit dem rechten Brustbeinrande abschnitt, und die Herzpulsation am deutlichsten an der rechten Brustwarze fühlbar wurde. Die Temperatur betrug 38,6, der Puls war sehr klein, unregelmäßig, flatternd, 132. Die Atmung fand ganz oberflächlich, ausschließlich mit der rechten Brustseite, statt, die Frequenz betrug 56 in der Minute. Die Leber war durch das herabgepreßte Zwerchfell um drei Querfinger nach unten verschoben. Die unteren Zwischenrippenräume waren in der linken Brustseite vorgebuchtet, die Bedeckungen in diesem Abschnitt infolge der Stauung ödematös. Der ganze Körper war von kaltem Schweiß bedeckt, die Gliedmaßen, Stirn und Nase kalt, der Kranke schien in beginnender Agonie zu sein. Die Atemnot war bis zu einem so hohen Grade gestiegen, daß die Rückenlage des Verwundeten mit erhöhtem Oberkörper überhaupt nicht geändert werden konnte, bei jedem Versuch dazu trat sofort äußerste Atembeklemmung ein, daher ließ sich der Rücken nicht perkutieren. Vorn und seitlich bot die stark erweiterte linke Brusthälfte überall ausgesprochenen Schachtelton, bis herunter zum Zwerchfell nirgends Dämpfung. Bei den stark dyspnoischen Nebengeräuschen war von etwaigem Atemgeräusch nichts zu hören. Dieser Patient wurde von Krause thorakotomiert und geheilt.

Schließlich kann man noch einen sekundären *„postoperativen" Spannungspneumothorax* unterscheiden. Er entsteht aus einem durch Naht ungenügend verschlossenen Pneumothorax, meist bei Versorgung ohne Druckdifferenz. Zweifelsohne hat diese Methode ihre Vorzüge, denn sie beseitigt ohne großen Eingriff den Pneumothorax und kann auch bei relativ schwerem Allgemeinzustand Anwendung

finden. Da man aber die Lunge nicht sorgfältig auf Verletzungen untersuchen kann, ist es möglich, daß es von einer nicht genähten Wunde zum Luftaustritt kommt, und so ein Spannungspneumothorax entstehen kann. Läwen hat unter 36 so behandelten Fällen von Pneumothorax 5 postoperative Spannungspneumothoraces beobachtet, die alle zu Tode kamen. Jehn empfiehlt deshalb in allen Fällen von operativer Schließung von Pneumothorax die Druckdifferenz zu gebrauchen, — im Felde läßt sich nur der Ueberdruck anwenden —, da dieses Verfahren eine genaue Untersuchung der Lunge auf kleinste Verletzungen gestattet, und so den Pneumothorax nicht nur schließt, sondern auch restlos beseitigt.

Zum Schluß dieser Ausführungen seien noch zwei interessante Beobachtungen erwähnt. In beiden Fällen kam es durch Traumen im Zwerchfell zur Eventeration des Magens und anderer Baucheingeweide in die Brusthöhle, die hier dieselben Druckerscheinungen machten wie ein Spannungspneumothorax. Der erste Fall stammt von Jehn und Naegeli, und wurde erst durch die Autopsie geklärt: Ein Infanterist wird mit den Zeichen einer schweren Mediastinalverdrängung eingeliefert. Starke Haemoptoe. Sehr schwerer A. Z. Preßatmung, Dyspnoe, Kollaps. Puls 140. Einschuß drei Finger breit, innerhalb der linken Mammillarlinie in Höhe der 2. Rippe, nach vorn unten außen verlaufend. Ausschuß am Rippenbogen an vorderer Axillarlinie. Große Tympanie über der ganzen linken Seite. Vorn Kompressionsatmen, Herz maximal nach rechts verdrängt. Pulsation in rechter Mammillarlinie. Diagnose: Lungenschuß mit schwerster Mediastinalverdrängung. Daher sofort Punktion links hinten unten. Man erhält etwas Luft. Der Zustand bessert sich jedoch nicht. Bald darauf Exitus. Es zeigt sich, daß die ganze linke Pleura angefüllt ist durch den maximal geblähten Magen, daneben liegt eine Colonschlinge und die zum Teil zerschossene Milz. Diese drei Organe sind durch einen spaltförmigen Zwerchfellriß in die Brusthöhle eingetreten und haben ihrerseits die Lungenhöhle maximal gedehnt, das Herz und Mediastinum weit nach rechts hinübergedrängt. Trachea gleichfalls von der Mittellinie nach rechts verdrängt, linke Lunge nur zum Teil lufthaltig. Durchschuß durch linke Unterlappenvorderseite.

Einen ähnlichen Fall beschreibt Sauerbruch in Lille: Ein 32jähriger Offizier wird im Schützengraben verschüttet, in schwerstem Kollaps mit Zyanose, kaum fühlbarem Puls, eigentümlicher pressender Exspiration, stoßweiser oberflächlicher Inspiration, eingeliefert. Auf der ganzen linken Seite fand sich hochgradige Tympanie, so daß die Diagnose auf Lungenruptur mit Spannungspneumothorax gestellt wurde. Bei der Sektion ergab sich ein gewaltiger Riß des Zwerchfells, durch den der stark geblähte Magen in den Pleuraraum getreten war. Also auch hier nach Eventeration des Magens, die Vortäuschung eines Spannungspneumothorax.

Herrn Generaloberstabsarzt Prof. Dr. Franz möchte ich an dieser Stelle für Ueberlassung des Themas und Herrn Prof. Dr. P. Gohrbandt für Uebernahme des Referates meinen gehorsamsten Dank sagen.

Schrifttum.

Barthelme: Erfahrungen über Stich- und Schußverletzungen des Thorax. Inaug. Diss. Straßburg 1905.

Bockhorn: Lungenschüsse u. ihre Komplikationen. Med. Klinik 1915, 31.

Böttner: Ueber Lungenschüsse. Münch. Med. Wschr. 1915, S. 91.

Borchard-Schmieden: Lehrbuch der Kriegschirurgie.

Borscéky: Ueber Stich- und Schußverletzungen des Thorax. Bruns' Beitr. 40.

Bruns: Untersuchungen über den Blutgehalt und die Zirkulation in den Lungen, bei normal ausgedehnten Lungen, bei offenem, einfach geschlossenem u. Ueberdruckpneumothorax. Münch. Med. Wschr. 1912, S. 1252.

Burckhardt: Ueber partiellen Pneumothorax nach Schluß der Thoraxwunde unter Druckdifferenz. Zbl. d. Chirurgie 40, 41.

Franz: Lehrbuch der Kriegschirurgie. Berlin 1936.

Garré-Quinke: Lungenchirurgie. Jena 1912.

Hannemann: Lungen- und Pleuraverletzungen im Kriege. Veröffentlichungen aus dem Gebiete des Heeressanitätswesens, 1926

Hanusa: Die Behandlung des offenen Pneumothorax mit sofortiger Brustwandnaht. Bruns' Beitr. 103.

Hartert: Ueber Lungenschüsse, ihre Komplikationen und Behandlung. Bruns' Beitr. 96.

Harzer: Ueber die Infektion von Lungenschüssen mit anaeroben Keimen. Münch. Med. Wschr. 1917, S. 1311.

Herrenschneider: Zur Frage der Behandlung von Bajonettstichverletzungen der Lunge. Münch. Med. Wschr. 1915, 16.

Hess: Ueber Lungenschüsse. Münch. Med. Wschr. 1917, 31.

Hildebrand: Thoraxschüsse und Bauchdeckenspannung. Berl. Klin Wschr. 1907, 18.

v. Höglin: Lungenschüsse. Münch. Med. Wschr. 1914, 45.

Hofbauer: Folgen der Brustschüsse. Wiener Klin. Wschr. 1917, 28.

Holbeck: Ueber Lungenschüsse im Kriege 1904—1905. Dtsch. Ztschr. f. Chirurgie, 124.

Jehn: Ueber traumatische Eventeration des Magens in die linke Brusthöhle unter dem Bild des Spannungspneumothorax. Münch. Med. Wschr. 1918, 51.

- Ueber die chirurgische Behandlung bestimmter Formen von Brustschußverletzungen. Med. Klinik 1915, 27.

- Ein Bitrag zur Klinik und Pathologie des Mediastinalemphyems. Dtsch. /tschr. f. Chirurgie, 140.

Jehn-Naegeli: Ueber Thoraxverletzungen im Kriege. Bruns' Beitr., 114.

Kehl: Ueber Brustschüsse. Bruns' Beitr., 100.

Konjetzny: Chirurgische Behandlung der Lungensteckschüsse. Bruns' Beitr., 114.

Krause: Ungewöhnlich starke Herzverdrängung nach Lungenschuß. Berl. Med. Ges. 11. 12. 1918.

— Zur Frage der Thoracotomie. Kriegsärztlicher Abend Metz, März 1915.

Kroh: Vorschlag zur Behandlung tiefer bedrohlicher Haut-Weichteilemphyseme. Münch. Med. Wschr. 1914, 47.

Kronenfels: Schußverletzungen der Brust in den Balkankriegen 1912/13. Neue deutsche Chirurgie, 14.

Küttner: Zur Behandlung schwerer Schußverletzungen durch Naht. Dtsch. Ztschr. f. Chirurgie, 94.

— Kriegschirurgische Erfahrungen aus dem Südafrikanischen Krieg 1896—1900. Bruns' Beitr., 28.

Läwen: Ueber den offenen Pneumothorax bei Kriegsschußverletzungen und seine Behandlung durch frühzeitige Brustwandnaht. Bruns' Beitr., 108.

Lonhard: 100 Brust- und Lungenschüsse. Dtsch. Med. Wschr., 1916, 2.

Ludwig Ferdinand Prinz v. Bayern: Ueber Lungenschüsse. Münch. Med. Wschr., 1914, S. 2317.

Matti: Ergebnisse der bisherigen kriegschirurgischen Erfahrungen. Dtsch. Med. Wschr., 1916, 27 u. 28.

Medical Departement of the United States Army in the World War. Voll. 11, Washington 1927.

Medical-Services: Surgery of the War. Vol. 1, Edinburgh, 1922.

Meyer: Lungenverletzung durch Bajonettstich. Münch. Med. Wschr., 1915, S. 280.

Momburg: Ueber penetrierende Brustwunden. Veröffentlichungen aus dem Gebiete des Heeressanitätswesens, 1902.

Naegeli: Resultate der Thoraxchirurgie an der Garréschen Klinik, 1894—1919. Bruns' Beitr. 119.

Nötzel: Experimentelle Untersuchungen zur Frage der Infektionsfähigkeit der Pleura. Verhandlg. d. Dtsch. Ges. f. Chirurgie, 1906.

Reiche: Ueber die Resistenz der Brusthöhle gegen septische Infektion. Münch. Med. Wschr., 1915, S. 95.

Riedinger: Verletzungen und chirurgische Krankheiten des Thorax. Dtsch. Chirurgie, 1888, Lief. 42.

Ritter: Zur Prognose und Therapie von Lungenschüssen. Münch. Med. Wschr. 1915, 3 .

Rotter: Ueber Brustschüsse in Feldlazaretten. Med. Klinik, 1915, 4.

Sauerbruch: Chirurgie der Brustorgane. Berlin 1928.
— Zur Pathologie des offenen Pneumothorax und die Grundlagen meines Verfahrens zu seiner Ausschaltung. Mitt. aus d. Grenzgeb. 13, 3.
— Zwerchfellverletzung mit Eventeration des Magens. Münch. Med. Wschr., 1915, 3.
— Die Bedeutung des Mediastinalemphysems in der Pathologie des Spannungspneumothorax. Bruns' Beitr. 60.
— Brustschüsse. Kriegschirurgische Tagung Brüssel 1915.
— Brustschüsse. 2. Kriegschirurgische Tagung Berlin 1916.
Sanitätbericht über die deutschen Heere 1870—71. Band 3A, Berlin 1888.
v.Schjerning: Handbuch der ärztlichen Erfahrungen im Weltkriege 1914—18. Leipzig 1922.
Schmidt: Lungenschüsse. Dtsch. Med. Wschr., 1914, 44.
Schönbauer: Ein Fall von Spannungspneumothorax nach transdiaphragmaler Verletzung. Wiener Klin. Wschr., 1921, S. 201.
Schultze: Brust- und Lungenschüsse. Dtsch. Med. Wschr. 1915, 6.
Tönissen: Pneumothorax durch Lungenschüsse. Militärärztliche Ver. Erlangen, 1915.
— Pneumothorax durch Schußverletzungen. Münch. Med. Wschr., 1914, 41.
— Ueber Lungenschüsse. Münch. Med. Wschr., 1915, 3.
Unterberger: Ueber Lungenschüsse. Dtsch. Med. Wschr., 1915, 7.
v. d. Velden: Beobachtungen über Schußverletzungen der Brusthöhle. Münch. Med. Wschr., 1915, 3.
Wederhake: Zur Behandlung der Lungenschüsse. Med. Klinik, 1917, 33.
Wieting: Leitsätze für die Schußverletzungen der Brustwand und der Lunge. Dtsch. Med. Wschr., 1918, 21—23.
— Die Formen der traumatischen Pleurainfektion. Münch. Med. Wschr., 1919, 18.
Widemann: Ueber Brustschüsse. Bruns' Beitr., 103.

Lebenslauf.

Am 12. Juli 1915 wurde ich als Sohn des Kaufmanns Hugo Steinert und seiner Ehefrau Elisabeth, geb. Burger, in Saarbrücken geboren. Ich bin evangelischer Religion. Von 1921 bis 1925 besuchte ich die Volksschule zu Saarbrücken. Am 1. 3. 34 legte ich nach 9 Schuljahren die Reifeprüfung am dortigen Reformrealgymnasium ab. Nachdem ich meiner Arbeitsdienstpflicht genügt hatte, studierte ich an den Hochschulen in München, Marburg, Bonn, Rostock, Heidelberg und Berlin. Im S.-S. 1935 bestand ich an der Universität Marburg den ersten Abschnitt und im W.-S. 1936/37 an der Universität Heidelberg den zweiten Abschnitt der ärztlichen Vorprüfung. Nach dem S.-S. 1939 legte ich an der Universität Berlin die ärztliche Staatsprüfung ab. Am 1. 4. 1937 trat ich als Fahnenjunker (im San.-Korps) in die Wehrmacht ein.